

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

BEST AVAILABLE COPY

(11) Publication number: **11331125 A**(43) Date of publication of application: **30 . 11 . 99**

(51) Int. Cl.

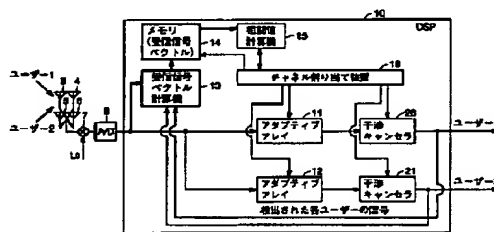
**H04J 13/04****H01Q 3/26****H04J 15/00****// H04B 7/08**(21) Application number: **10325291**(22) Date of filing: **16 . 11 . 98**(30) Priority: **04 . 12 . 97 JP 09333980**  
**17 . 03 . 98 JP 10 66802**(71) Applicant: **SANYO ELECTRIC CO LTD**(72) Inventor: **DOI YOSHIHARU****(54) RADIO RECEIVING SYSTEM**

(57) Abstract:

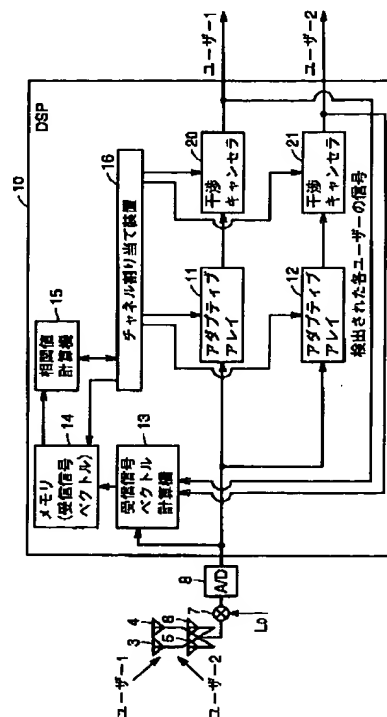
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve communication quality by canceling unwanted user signals, while using an interference canceler.

**SOLUTION:** The frequency of the signal of path division multiple access (PDMA) or code division multiple access (CDMA) communication system receiver by antennas 3-6 is converted by a frequency converting circuit 7, and these signals are converted into digital signals by an A/D converter 8 and inputted into a digital signal processor (DSP) 10. The signal of a specified user is extracted from the input signals by adaptive arrays 11 and 12, and furthermore an interference user signal component is removed by interference canceler 20 and 21. Thus, the signal component of the desired user suppressing the interference component is outputted.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(11)特許出願公開番号



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、

前記複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、

前記信号処理手段から出力される信号に基づいて、前記複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、

前記信号抽出手段によって抽出された信号成分に含まれる、他のユーザからの信号成分による干渉信号成分を除去する干渉除去手段とを備える、無線受信システム。

【請求項 2】 前記干渉除去手段は、

前記信号抽出手段によって抽出された信号成分に含まれる前記複数のユーザからの信号成分に関する複数のパラメータ情報を推定する推定手段と、

前記複数のユーザの信号と前記複数のパラメータ情報とをそれぞれ乗算する複数の乗算手段と、

前記信号抽出手段によって抽出された信号成分から前記複数の乗算手段の出力信号を減算する手段と、

前記減算手段の出力信号に基づいて誤差を推定する誤差推定手段と、

前記誤差推定手段によって推定された誤差が最も小さくなる信号系列を選択して出力する選択手段とを含む、請求項 1 に記載の無線受信システム。

【請求項 3】 複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、

前記複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、

ユーザ検出手段とを備え、前記ユーザ検出手段は、

前記信号処理手段から出力される信号に基づいて前記複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、

前記信号処理手段から出力される信号に対する前記信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、

前記パラメータ情報を考慮して前記信号処理手段から出力される信号から前記特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含む、無線受信システム。

【請求項 4】 前記ユーザ検出手段は、

前記複数のユーザに対応する複数の前記信号抽出手段と、

前記複数のユーザに対応する複数の前記推定手段と、

前記複数のユーザに対応する複数の前記演算手段とを含む、請求項 3 に記載の無線受信システム。

【請求項 5】 複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、

前記複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、

複数のユーザ検出手段とを備え、

前記ユーザ検出手段の各段は、

入力される信号に基づいて前記複数のユーザのうちの各段ごとに共通の特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、

前記信号処理手段から出力される信号に対する前記信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、

10 前記パラメータ情報を考慮して前記信号処理手段から出力される信号から前記特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含み、

前記ユーザ検出手段の初段の前記信号抽出手段の入力には前記信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する 2 つのユーザ検出手段の前段の前記演算手段の出力が後段の前記信号抽出手段の入力に与えられるように前記複数のユーザ検出手段が接続される、無線受信システム。

20 【請求項 6】 前記演算手段は、

前記信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応する前記パラメータ情報とを乗算する乗算手段と、

前記信号処理手段から出力される信号から前記乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含む、請求項 3 から 5 のいずれかに記載の無線受信システム。

【請求項 7】 複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、

30 前記複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、

複数のユーザ検出手段とを備え、

前記ユーザ検出手段の各段は、

入力される信号に基づいて前記複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、

前記信号抽出手段に入力される信号に対する前記信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、

40 前記パラメータ情報を考慮して前記信号抽出手段に入力される信号から前記特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含み、

前記ユーザ検出手段の初段の前記信号抽出手段の入力には前記信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する 2 つのユーザ検出手段の前段の前記演算手段の出力が後段の前記信号抽出手段の入力に与えられるように前記複数のユーザ検出手段が接続される、無線受信システム。

【請求項 8】 前記演算手段は、

前記信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応する前記パラメータ情報とを乗算する乗算手段と、

前記信号抽出手段に入力される信号から前記乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含む、請求項 7 に記載の無線受信システム。

【請求項 9】 前記ユーザ検出手段の各段は、前記複数のユーザに対応する複数の前記信号抽出手段と、前記複数のユーザに対応する複数の前記推定手段と、前記複数のユーザに対応する複数の前記演算手段とを含む、請求項 5 から 8 のいずれかに記載の無線受信システム。

【請求項 10】 複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、前記複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、複数段のユーザ検出手段とを備え、前記ユーザ検出手段の各段は、入力される信号に基づいて前記複数のユーザのうちの各段ごとに異なる特定のユーザに対応する信号成分を抽出して出力する信号抽出手段と、前記信号抽出手段に入力される信号に対する前記信号抽出手段で抽出された信号成分の関数に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、前記パラメータ情報を考慮して前記信号抽出手段に入力される信号から前記特定のユーザに対応する信号成分を除去する演算手段とを含む、前記ユーザ検出手段の初段の前記信号抽出手段の入力には前記信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する 2 つのユーザ検出手段の前段の前記演算手段の出力が後段の前記信号抽出手段の入力に与えられるように前記複数段のユーザ検出手段が接続される、無線受信システム。

【請求項 11】 前記演算手段は、前記信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応する前記パラメータ情報とを乗算する乗算手段と、前記信号抽出手段に入力される信号から前記乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含む、請求項 10 に記載の無線受信システム。

【請求項 12】 前記ユーザ検出手段は、前記信号抽出手段の出力を検波する検波手段をさらに含む、請求項 3 から 11 のいずれかに記載の無線受信システム。

【請求項 13】 前記複数のユーザからの信号は PDMA 通信方式によって伝送された信号である、請求項 1 から 12 のいずれかに記載の無線受信システム。

【請求項 14】 前記複数のユーザからの信号は CDMA 通信方式によって伝送された信号である、請求項 1 から 12 のいずれかに記載の無線受信システム。

【請求項 15】 前記 CDMA 通信方式によって伝送された信号は、送信側で予め所定の拡散符号により拡散さ

れており、前記信号処理回路から出力される信号を CDMA 通信方式により対応する拡散符号で逆拡散して前記信号抽出手段に与える逆拡散手段をさらに備える、請求項 14 に記載の無線受信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は無線受信システムに関し、特に、PDMA (Path Division Multiple Access)、CDMA (Code Division Multiple Access) などの通信方式による無線受信システムであって、受信信号から、他のユーザによる干渉信号成分を除去することができる無線受信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、急速に発達しつつある携帯型電話機のような移動通信システムにおいて、周波数の有効利用を図るべく種々の伝送チャネル割当方法が提案されており、その一部のものは実用化されている。

【0003】図 27 は、FDMA (Frequency Division Multiple Access)、TDMA (Time Division Multiple Access) および PDMA の各種通信システムにおけるチャネルの配置図である。まず、図 27 を参照して、FDMA、TDMA および PDMA について簡単に説明する。

【0004】図 27 (a) は FDMA のチャネル配置を示す図であって、異なる周波数  $f_1 \sim f_4$  の電波でユーザ 1 ~ 4 のアナログ信号が周波数分割されて伝送され、各ユーザ 1 ~ 4 の信号は周波数フィルタによって分離される。

【0005】図 27 (b) は TDMA のチャネル配置を示す図であって、各ユーザのデジタル化された信号は、異なる周波数  $f_1 \sim f_4$  の電波でかつ一定の時間 (タイムスロット) ごとに時分割されて伝送され、各ユーザ 1 ~ 4 の信号は、周波数フィルタと、基地局および各ユーザ移動端末装置間の時間同期とにより分離される。

【0006】一方、最近では、携帯型電話機の普及により電波の周波数利用効率を高めるために、PDMA 方式が提案されている。この PDMA 方式は、図 27 (c) に示すように、同じ周波数における 1 つのタイムスロットを空間的に分割して複数のユーザのデータを伝送するものである。この PDMA では各ユーザの信号は、周波数フィルタと、基地局および各ユーザ移動端末装置間の時間同期と、アダプティブアレイなどの信号抽出装置とを用いて分離される。

【0007】図 28 は従来の PDMA 用基地局の受信システムを示す図である。この例では、ユーザ 1 と 2 とを識別するために、4 本のアンテナ 3 ~ 6 が設けられていて、それぞれのアンテナの出力は周波数変換回路 7 に与えられて、それぞれ対応する局部発振信号  $L_o$  によって周波数変換され、A/D 変換器 8 によってデジタル信号に変換されて DSP (Digital Signal Processor) 10

に与えられる。

【0008】DSP10には、アダプティブアレイ11、12と、受信信号ベクトル計算機13と、メモリ14と、相関値計算機15と、チャンネル割当装置16とが内蔵されている。アダプティブアレイ11、12は、A/D変換器8から出力される受信信号から特定のユーザ信号のみを抽出する。各アダプティブアレイはたとえば、タイムスロットに含まれるプリアンプルを用いる方法、変調信号の包絡線が一定となる性質を用いる方法などのウェイトベクトル計算方法に依拠して、後述するチャンネル割当装置16で指定されたユーザ信号を抽出する。

【0009】受信信号ベクトル計算機13はA/D変換器8からの受信信号とアダプティブアレイ11、12の出力信号とを入力し、すべてのユーザに対応した受信信号ベクトルを計算してメモリ14に記憶させる。チャンネル割当装置16はメモリ14と相関値計算機15とに対して2人のユーザを指定する。相関値計算機15はメモリ14に記憶した受信信号ベクトルのうち、指定された2人のユーザの受信信号ベクトルの相互相関値を計算する。チャンネル割当装置16は2人のユーザの受信信号ベクトルの算出された相互相関値を受取る。そして、その相互相関値がある一定値以下であれば、その2人のユーザを同一時刻のタイムスロットにパス多重接続させる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】図28に示したアダプティブアレイ11、12はそれぞれ対応のユーザ1および2の信号を抽出するが、ユーザ1および2に加えてたとえばユーザ3がユーザ1と同じ方向から信号を送信してきた場合、アダプティブアレイ11からユーザ1およびユーザ3の信号が混ざり合って出力されることになる。しかしながら、従来のアダプティブアレイ11ではユーザ1および3の信号を分離できず、ユーザ1の信号のみを抽出することができなかった。

【0011】それゆえに、この発明の主たる目的は、干渉キャンセラを用いて不要なユーザの信号をキャンセルすることにより通信品質を向上できるような無線受信システムを提供することである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、信号処理手段から出力される信号に基づいて、複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、信号抽出手段によって抽出された信号成分に含まれる、他のユーザからの信号成分による干渉信号成分を除去する干渉除去手段とを備えている。

【0013】請求項2に係る発明では、請求項1の干渉

除去手段は、信号抽出手段によって抽出された信号成分に含まれる複数のユーザからの信号成分に関する複数のパラメータ情報を推定する推定手段と、複数のユーザの信号と複数のパラメータ情報とをそれぞれ乗算する複数の乗算手段と、信号抽出手段によって抽出された信号成分から複数の乗算手段の出力信号を減算する手段と、減算手段の出力信号に基づいて誤差を推定する誤差推定手段と、誤差推定手段によって推定された誤差が最も小さくなる信号系列を選択して出力する選択手段とを含んでいる。

【0014】請求項3に係る発明は、複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、ユーザ検出手段とを備え、ユーザ検出手段は、信号処理手段から出力される信号に基づいて複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、信号処理手段から出力される信号に対する信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、パラメータ情報を考慮して信号処理手段から出力される信号から特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含んでいる。

【0015】請求項4に係る発明では、請求項3のユーザ検出手段は、複数のユーザに対応する複数の信号抽出手段と、複数のユーザに対応する複数の推定手段と、複数のユーザに対応する複数の演算手段とを含んでいる。

【0016】請求項5に係る発明は、複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、複数のユーザ検出手段とを備え、ユーザ検出手段の各段は、入力される信号に基づいて複数のユーザのうちの各段ごとに共通の特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、信号処理手段から出力される信号に対する信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、パラメータ情報を考慮して信号処理手段から出力される信号から特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含み、ユーザ検出手段の初段の信号抽出手段の入力には信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する2つのユーザ検出手段の前段の演算手段の出力が後段の信号抽出手段の入力に与えられるように複数のユーザ検出手段が接続されている。

【0017】請求項6に係る発明では、請求項5の演算手段は、信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応するパラメータ情報とを乗算する乗算手段と、信号処理手段から出力される信号から乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含んでいる。

【0018】請求項7に係る発明は、複数のアンテナを

用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、複数段のユーザ検出手段とを備え、ユーザ検出手段の各段は、入力される信号に基づいて複数のユーザのうちの特定のユーザに対応する信号成分を抽出する信号抽出手段と、信号抽出手段に入力される信号に対する信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、パラメータ情報を考慮して信号抽出手段に入力される信号から特定のユーザに対応する信号成分を除去した信号を出力する演算手段とを含み、ユーザ検出手段の初段の信号抽出手段の入力には信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する2つのユーザ検出手段の前段の演算手段の出力が後段の信号抽出手段の入力に与えられるように複数段のユーザ検出手段が接続されている。

【0019】請求項8に係る発明では、請求項7の演算手段は、信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応するパラメータ情報とを乗算する乗算手段と、信号抽出手段に入力される信号から乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含んでいる。

【0020】請求項9に係る発明では、請求項5から8のいずれかのユーザ検出手段の各段は、複数のユーザに対応する複数の信号抽出手段と、複数のユーザに対応する複数の推定手段と、複数のユーザに対応する複数の演算手段とを含んでいる。

【0021】請求項10に係る発明は、複数のアンテナを用いて複数のユーザからの信号を受信することができる無線受信システムであって、複数のアンテナで受信された信号に所定の信号処理を施す信号処理手段と、複数段のユーザ検出手段とを備え、ユーザ検出手段の各段は、入力される信号に基づいて複数のユーザのうちの各段ごとに異なる特定のユーザに対応する信号成分を抽出して出力する信号抽出手段と、信号抽出手段に入力される信号に対する信号抽出手段で抽出された信号成分の関係に関するパラメータ情報を推定する推定手段と、パラメータ情報を考慮して信号抽出手段に入力される信号から特定のユーザに対応する信号成分を除去する演算手段とを含み、ユーザ検出手段の初段の信号抽出手段の入力には信号処理手段から出力される信号が入力され、かつ隣接する2つのユーザ検出手段の前段の演算手段の出力が後段の信号抽出手段の入力に与えられるように複数段のユーザ検出手段が接続されている。

【0022】請求項11に係る発明では、請求項10の演算手段は、信号抽出手段によって抽出された信号成分と対応するパラメータ情報とを乗算する乗算手段と、信号抽出手段に入力される信号から乗算手段の出力信号を減算する減算手段とを含んでいる。

【0023】請求項12に係る発明では、請求項3から11のいずれかのユーザ検出手段は、信号抽出手段の出

力を検波する検波手段をさらに含んでいる。

【0024】請求項13に係る発明では、請求項1から12のいずれかの複数のユーザからの信号はPDMA通信方式によって伝送された信号である。

【0025】請求項14に係る発明では、請求項1から12のいずれかの複数のユーザからの信号はCDMA通信方式によって伝送された信号である。

【0026】請求項15に係る発明では、請求項14のCDMA通信方式によって伝送された信号は、送信側で予め所定の拡散符号により拡散されており、信号処理回路から出力される信号をCDMA通信方式により対応する拡散符号で逆拡散して信号抽出手段に与える逆拡散手段をさらに備えている。

【0027】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の第1の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。この第1の実施形態による受信システムは、同じ時刻に送信された $m$  ( $m$ は2以上の整数)人のユーザ1, ...,  $k$ , ...,  $m$ からの信号 $S_1(t)$ , ...,  $S_k(t)$ , ...,  $S_m(t)$ を互いに分離して並列に取出すものである。

【0028】図1において、図28の従来例と同様に、PDMA用基地局の受信システムには、4本のアンテナ3~6と、周波数変換回路7と、A/D変換器8とが設けられている。A/D変換器8から出力された入力信号ベクトル $X_i(t)$ は、演算装置100と、第1段目のアダプティブアレイ $AA_{11}$ , ...,  $AA_{k1}$ , ...,  $AA_{m1}$ と、パラメータ推定器 $PE_{11}$ , ...,  $PE_{k1}$ , ...,  $PE_{m1}$ とに与えられる。アダプティブアレイの詳細については後で説明する。

【0029】アダプティブアレイ $AA_{11}$ , ...,  $AA_{k1}$ , ...,  $AA_{m1}$ からは、対応するユーザの信号成分を最も強く含む(その他にも他のユーザからの干渉信号成分を含む)ユーザ信号 $Y_{11}(t)$ , ...,  $Y_{k1}(t)$ , ...,  $Y_{m1}(t)$ がそれぞれ出力され、演算装置100に与えられるとともに、それぞれ対応する検波器 $DE_{11}$ , ...,  $DE_{k1}$ , ...,  $DE_{m1}$ で検波される。

【0030】パラメータ相関器 $PE_{11}$ , ...,  $PE_{k1}$ , ...,  $PE_{m1}$ は、それぞれ、入力信号ベクトル $X_i(t)$ と、検波器 $DE_{11}$ , ...,  $DE_{k1}$ , ...,  $DE_{m1}$ の対応する検波出力とに基づいて、対応するユーザの受信信号係数ベクトル $H_{11}$ , ...,  $H_{k1}$ , ...,  $H_{m1}$ を推定し、演算装置100に与える。より具体的に、各パラメータ推定器は、対応するユーザの信号成分が入力信号ベクトルにどの程度含まれているか、対応するユーザの信号成分が入力信号ベクトルに対してどの程度位相回転しているか、などを推定する。

【0031】演算装置100は、各ユーザ $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )ごとに、入力信号ベクトル $X_i(t)$ から、当該ユーザ $i$ を除く他のすべてのユーザの信号成分

を差し引くことにより、干渉信号成分を除去し、当該ユーザ  $i$  のさらなる入力信号ベクトル  $X_{i2}(t)$  を算出し出力する。演算装置100の動作については、図2を参照して後で詳細に説明する。

【0032】演算装置100は、ユーザごとに対応して入力信号ベクトル  $X_{i2}(t)$ 、 $\dots$ 、 $X_{k2}(t)$ 、 $\dots$ 、 $X_{n2}(t)$  を出力し、対応する第2段目のアダプティブアレイ  $AA_{i2}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{k2}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{n2}$  に与える。

【0033】アダプティブアレイ  $AA_{i2}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{k2}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{n2}$  から出力されるユーザ信号  $Y_{i2}(t)$ 、 $\dots$ 、 $Y_{k2}(t)$ 、 $\dots$ 、 $Y_{n2}(t)$  は、それぞれ対応する検波器  $DE_{i2}$ 、 $\dots$ 、 $DE_{k2}$ 、 $\dots$ 、 $DE_{n2}$  で検波され、さらなるユーザ信号  $S_1(t)$ 、 $\dots$ 、 $S_k(t)$ 、 $\dots$ 、 $S_n(t)$  として出力される。

【0034】図2は、図1に示した演算装置100の具体的なブロック図である。図2において、演算装置100は、乗算器  $MP_1$ 、 $\dots$ 、 $MP_{k-1}$ 、 $MP_{k+1}$ 、 $\dots$ 、 $MP_n$  と加算器  $AD_k$  とから構成されている。なお、説明の簡略化のために図示していないが、図示した乗算器および加算器以外にも、乗算器  $MP_k$  および加算器  $AD_1$ 、 $\dots$ 、 $AD_{k-1}$ 、 $AD_{k+1}$ 、 $\dots$ 、 $AD_n$  が演算装置100に内蔵されているものとする。

【0035】乗算器  $MP_1$ 、 $\dots$ 、 $MP_{k-1}$ 、 $MP_{k+1}$ 、 $\dots$ 、 $MP_n$  にはそれぞれ、アダプティブアレイ  $AA_{i1}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{k-1}$ 、 $AA_{k+1}$ 、 $\dots$ 、 $AA_n$  からのユーザ信号  $Y_{i1}(t)$ 、 $\dots$ 、 $Y_{(k-1)1}(t)$ 、 $Y_{(k+1)1}(t)$ 、 $\dots$ 、 $Y_{n1}(t)$  と、パラメータ推定器  $PE_{i1}$ 、 $\dots$ 、 $PE_{(k-1)1}$ 、 $PE_{(k+1)1}$ 、 $\dots$ 、 $PE_{n1}$  からの受信信号係数ベクトル  $H_{i1}$ 、 $\dots$ 、 $H_{(k-1)1}$ 、 $H_{(k+1)1}$ 、 $\dots$ 、 $H_{n1}$  とが与えられる。

【0036】乗算器  $MP_1$ 、 $\dots$ 、 $MP_{k-1}$ 、 $MP_{k+1}$ 、 $\dots$ 、 $MP_n$  の出力は加算器  $AD_k$  の負の入力に与えられ、入力信号ベクトル  $X_1(t)$  は加算器  $AD_k$  の正の入力に与えられる。これにより、入力信号ベクトル  $X_1(t)$  からユーザ  $k$  以外のユーザに対応する信号成分が減算され、ユーザ  $k$  に対応する信号成分  $X_{k2}(t)$  が加算器  $AD_k$  から出力されることになる。これらのアダプティブアレイ、パラメータ推定器および演算装置は全体として、一段のユーザ検出装置を構成しているものとする。

【0037】この結果、かなりの干渉信号成分が除去されることになる。そして、このようにして演算装置100により干渉信号成分がかなり除去された新たな入力ベクトル信号  $X_{k2}(t)$  を第2段目の対応するアダプティブアレイ  $AA_{k2}$  (図1) に与えることにより、最終的に出力されるユーザ信号  $S_k(t)$  に含まれる他のユーザからの干渉信号成分の割合を十分に低下させることができ、良好な通信特性を実現することができる。

【0038】なお、加算器  $AD_k$  以外の図示しない加算器の各々にも、並行して同様に、乗算器  $MP_1$ 、 $\dots$ 、 $MP_k$ 、 $\dots$ 、 $MP_n$  のうちの当該加算器に対応する乗算器以外のものからの出力と、入力信号ベクトル  $X_1(t)$  とが与えられる。そしてこれらの加算器はそれぞれ、図1に示す新たな入力信号ベクトルを出力して第2段目の対応するアダプティブアレイに与えている。

【0039】次に、図1および図2に示した装置のさらに具体的な動作について説明する。アンテナ素子数を  $n$  本、同時に通話するユーザ数を  $m$  人とする、 $A/D$  変換器8から出力される入力信号ベクトル  $X_1(t)$  は次式で表わされる。

【0040】
$$X_1(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]^T \quad \dots (1)$$
$$x_j(t) = h_{j1}S_1(t) + h_{j2}S_2(t) + \dots + h_{jk}S_k(t) + \dots + h_{jn}S_n(t) + n_j(t), \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (2)$$

上記の第(1)式および第(2)式をベクトル表記に直すと次の第(3)式が得られる。

$$X_1(t) = H_1 S_1(t) + H_2 S_2(t) + \dots + H_k S_k(t) + \dots + H_n S_n(t) + N(t) \quad \dots (3)$$

$$H_i = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{in}]^T, \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \dots (4)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_n(t)]^T \quad \dots (5)$$

次に、図2の演算装置100から新たな入力信号ベクトル  $X_{k2}(t)$  が出力される動作についてさらに詳細に説明する。パラメータ推定器  $PE_{i1}$ 、 $\dots$ 、 $PE_{k1}$ 、 $\dots$ 、 $PE_{n1}$  で  $H_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) が推定できるものとする。また1段目のアダプティブアレイ  $AA_{i1}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{k1}$ 、 $\dots$ 、 $AA_{n1}$  が比較的良好に動作したとすると、 $Y_{i1}(t) \approx S_i(t)$  とみなすことができる。

$$X_{k2}(t) = X_1(t) - H_1 S_1(t) - \dots - H_{k-1} S_{k-1}(t) - H_{k+1} S_{k+1}(t) - \dots - H_n S_n(t) \quad \dots (6)$$

この第(6)式に第(3)式を代入すると、第(7)式が得られる。

★【0042】この段階で、すべてのユーザ信号とすべてのユーザ信号の受信信号係数ベクトルとが求めたことになる。ここで、2段目のユーザ  $k$  の信号検出に用いる入力信号ベクトル  $X_{k2}(t)$  を第(6)式により求めることができる。

【0043】

50

【0044】

$$X_{k2}(t) = H_k S_k(t) + N(t) \quad \dots (7)$$

$X_{k1}(t)$  と  $X_{k2}(t)$  を比較すると、 $X_{k2}(t)$  の方が  $S_k(t)$  以外の干渉成分  $S_i(t)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) が減少していて、2段目のアダプティブアレイがより動作しやすくなる。

【0045】なお、図1において、検波器  $DE_{11}, \dots, DE_{k1}, \dots, DE_{m1}$  をアダプティブアレイ  $AA_{11}, \dots, AA_{k1}, \dots, AA_{m1}$  の中に配し、ユーザ信号  $Y_{11}(t), \dots, Y_{k1}(t), \dots, Y_{m1}(t)$  をそれぞれ対応する検波器に入力するようにしてもよく、あるいは各検波器を演算装置100内に内蔵するようにしてもよい。また、多少特性が劣化するが、検波器を削除してもよい。

【0046】図3はこの発明の第2の実施形態を示すブロック図である。この図3に示した実施形態は、図1に示したアダプティブアレイとパラメータ推定器と演算装置とからなるユーザ検出装置（および検波器）を直列に複数段設けたことにより、それぞれの段から出力されるユーザ信号に含まれる他のユーザ信号成分の割合を段階的に減少させて、特性をさらに良好にするものである。各段の回路動作については図1および図2を参照して既に詳細に説明したのでここでは繰返さない。

【0047】図4はこの発明の第3の実施形態を示すブロック図である。図4において、A/D変換器8から出力された入力信号ベクトル  $X_1(t)$  は、アダプティブアレイ  $AA_{11}, \dots, AA_{k1}, \dots, AA_{m1}$  と演算装置201とに与えられる。アダプティブアレイ  $AA_{11}, \dots, AA_{k1}, \dots, AA_{m1}$  は対応するユーザ信号  $Y_{11}(t), \dots, Y_{k1}(t), \dots, Y_{m1}(t)$  をそれぞれ抽出して演算装置201に与える。

【0048】図5は、図4に示した演算装置201の具体的なブロック図である。図5は、説明の簡略化のために演算装置201の全体構成のうち、ユーザkに対応する信号処理を行なう部分のみを抽出して図示したものであり、ユーザk以外のユーザ1,  $\dots, k-1, k+1, \dots, m$  の各々に対応して同等の回路構成が設けられているものとする。

【0049】以下、図5を参照して、ユーザkに対応する入力信号ベクトル  $X_{k2}(t)$  を発生するための構成について説明する。演算装置201は、ユーザkに対応する回路構成として、パラメータ推定器  $PE_{1k1}, \dots, PE_{(k-1)k1}, PE_{(k+1)k1}, \dots, PE_{mk1}$  と、乗算器M

\*  $P_{1k1}, \dots, MP_{(k-1)k1}, MP_{(k+1)k1}, \dots, MP_{mk1}$  とを有している。

【0050】パラメータ推定器  $PE_{1k1}, \dots, PE_{(k-1)k1}, PE_{(k+1)k1}, \dots, PE_{mk1}$  はそれぞれ、入力信号ベクトル  $X_{k1}(t)$  と、対応するユーザ信号  $Y_{11}(t), \dots, Y_{(k-1)1}(t), Y_{(k+1)1}(t), \dots, Y_{m1}(t)$  とに基づいて、対応するユーザの受信信号係数ベクトル  $H_{1k1}, \dots, H_{(k-1)k1}, H_{(k+1)k1}, \dots, H_{mk1}$  を推定する。

【0051】乗算器  $MP_{1k1}, \dots, MP_{(k-1)k1}, MP_{(k+1)k1}, \dots, MP_{mk1}$  にはそれぞれ、アダプティブアレイ  $AA_{11}, \dots, AA_{(k-1)1}, AA_{(k+1)1}, \dots, AA_{m1}$  からのユーザ信号  $Y_{11}(t), \dots, Y_{(k-1)1}(t), Y_{(k+1)1}(t), \dots, Y_{m1}(t)$  と、パラメータ推定器  $PE_{1k1}, \dots, PE_{(k-1)k1}, PE_{(k+1)k1}, \dots, PE_{mk1}$  からの受信信号係数ベクトル  $H_{1k1}, \dots, H_{(k-1)k1}, H_{(k+1)k1}, \dots, H_{mk1}$  とが与えられる。

【0052】乗算器  $MP_{1k1}, \dots, MP_{(k-1)k1}, MP_{(k+1)k1}, \dots, MP_{mk1}$  の出力は加算器  $AD_{k1}$  の負の入力に与えられ、入力信号ベクトル  $X_{k1}(t)$  は加算器  $AD_{k1}$  の正の入力に与えられる。これにより、入力信号ベクトル  $X_{k1}(t)$  から、ユーザk以外のユーザに対応する信号成分が減算され、ユーザkに対応する信号成分  $X_{k2}(t)$  が加算器  $AD_{k1}$  から出力されることになる。この結果、かなりの干渉信号成分が除去されることになる。

【0053】この実施形態においても、アダプティブアレイと、パラメータ推定器と、演算装置の残りの部分とで、各段のユーザ検出装置を構成しているものとする。そして、図4に示すように、このようなユーザ検出装置を複数段直列に設けることにより、ユーザ信号からより一層の干渉成分の除去を図ることができる。

【0054】次に、図4および図5に示した実施形態のさらに具体的な動作について説明する。

【0055】図1の実施形態と同様に、アンテナ素子数をn本、同時に通話するユーザ数をm人とする、1段目のユーザ検出装置を構成する回路のうち、k番目のアダプティブアレイ  $AA_{k1}$  および演算装置201の入力信号ベクトル  $X_{k1}(t)$  は次の第(8)式で表わされる。

\* 【0056】

$$X_{k1}(t) = [x_{1k1}(t), x_{2k1}(t), \dots, x_{nk1}(t)]^T \dots (8)$$

$$x_{jk1}(t) = h_{j1k1} S_1(t) + h_{j2k1} S_2(t) + \dots + h_{jk1k1} S_k(t) + \dots + h_{jn1k1} S_n(t) + n_{jk1}(t) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (9)$$

上記の第(8)式および第(9)式をベクトル表記に直すと次の第(10)式で表わされる。

$$X_{k1}(t) = H_{1k1} S_1(t) + H_{2k1} S_2(t) + \dots + H_{ik1} S_i(t) + \dots + H_{mk1} S_m(t) + N(t) \quad \dots (10)$$

※ 【0057】



13

$$H_{ikl} = [h_{1ikl}, h_{2ikl}, \dots, h_{nikl}]^T, \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \dots (11)$$

$$N_{kl}(t) = [n_{1kl}(t), n_{2kl}(t), \dots, n_{nikl}(t)]^T \quad \dots (12)$$

$H_{ikl}$  は、直列接続された 1 段目のユーザ検出装置のうち、ユーザ  $k$  から送信された信号を抽出する回路の入力信号ベクトルに含まれる、ユーザ  $i$  から送信された信号の受信信号係数ベクトルを意味している。また、 $N_{kl}(t)$  は、直列接続された 1 段目のユーザ検出装置のうち、ユーザ  $k$  から送信された信号を抽出する回路の入力信号ベクトルに含まれる雑音ベクトルを意味している。

【0058】パラメータ推定器  $PE_{1kl}, \dots, PE_{(k-1)kl}, PE_{(k+1)kl}, \dots, PE_{nkl}$  では、1 段目のユーザ検出装置のうち、ユーザ  $k$  に対応するアダプティブアレイおよび演算装置への入力信号ベクトル  $X_{kl}(t)$  に含まれる、ユーザ  $i$  から送信された信号  $S_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) の受信信\*

$$X_{k2}(t) = X_{kl}(t) - H_{1kl} Y_{1l}(t) - \dots - H_{(k-1)kl} Y_{(k-1)l}(t) - H_{(k+1)kl} Y_{(k+1)l}(t) - \dots - H_{nkl} Y_{nl}(t) \quad \dots (13)$$

$$Y_{il}(t) \approx S_i(t), \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \dots (14)$$

上記の第 (13) および (14) 式から次の第 (15) 式が得られる。 ※

$$X_{k2}(t) = X_{kl}(t) - X_{1kl} S_1(t) - \dots - H_{(k-1)kl} S_{k-1}(t) - H_{(k+1)kl} S_{k+1}(t) - \dots - H_{nkl} S_n(t) \quad \dots (15)$$

さらに、この第 (15) 式から次の第 (16) 式が得られる。 【0062】

$$X_{k2}(t) = H_{kkl} S_k(t) + N_{k2}(t) \quad \dots (16)$$

したがって、 $X_{k2}(t)$  は、 $X_{kl}(t)$  よりも  $S_k(t)$  以外の信号成分  $S_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) が抑圧された信号ベクトルとなる。したがって次段のユーザ検出装置では、より正確なユーザ信号成分  $S_k(t)$  が計算される。図 6 は、この発明の第 4 の実施形態による PDMA 用基地局の受信システムを示すブロック図である。この第 4 の実施形態では、 $k$  段目のユーザ検出装置においてユーザ  $k$  の信号検出に使用した受信信号ベクトル  $X_k(t)$  から、検出されたユーザ  $k$  の信号  $S_k(t)$  とパラメータ推定器から出力された受信信号係数ベクトル  $H_k$  とを乗算して得た値を減算することにより得られた信号ベクトルを、 $(k+1)$  段目のユーザ検出装置のアダプティブアレイの入力信号ベクトル  $X_{k+1}(t)$  とすることにより、次段のユーザ検出装置においてより正確にユーザ信号  $S_{k+1}(t)$  を抽出するようにしたものである。

【0063】すなわち、 $A/D$  変換器 8 から出力された入力信号ベクトル  $X_1(t)$  は、アダプティブアレイ  $AA_{11}$  に入力されるとともに、加算器  $AD_1$  とパラメータ推定器  $PE_{11}$  とに与えられる。アダプティブアレイ  $AA_{11}$  によって入力信号ベクトル  $X_1(t)$  からユーザ信号  $Y_1(t)$  が抽出され、検波器  $DE_{11}$  によって検波され

14

\* 号係数ベクトル  $H_{ikl}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) が正確に推定できるものとする。また、1 段目のユーザ検出装置のうち、 $i$  番目のアダプティブアレイは比較的良好に動作しており、 $Y_{il}(t) \approx S_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) とみなせるものとする。

【0059】図 5 の演算装置 201 では、入力信号ベクトル  $X_{kl}(t)$  に含まれる、ユーザ  $k$  から送信された信号  $S_k(t)$  以外の信号成分  $S_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ 、ただし  $i \neq k$ ) を減算することができる。この結果、演算装置 201 の出力信号  $X_{k2}(t)$  は次の第 (13) 式で示される。

【0060】

※ 【0061】

【0062】

てユーザ信号  $S_1(t)$  として出力される。このユーザ信号  $S_1(t)$  はパラメータ推定器  $PE_{11}$  と乗算器  $MP_1$  とに与えられる。

【0064】パラメータ推定器  $PE_{11}$  は、検出されたユーザ信号  $S_1(t)$  と入力信号ベクトル  $X_1(t)$  とに基づいて受信信号係数ベクトル  $H_1$  を推定する。そして、受信器  $MP_1$  は、受信信号係数ベクトル  $H_1$  とユーザ信号  $S_1(t)$  とを乗算し、その結果を加算器  $AD_1$  に与える。加算器  $AD_1$  によって入力信号ベクトル  $X_1(t)$  から  $H_1 S_1(t)$  成分が減算され、その結果得られる信号ベクトルが次段のユーザ検出装置の入力信号ベクトル  $X_2(t)$  とされる。

【0065】各段のユーザ検出装置も上述の初段のユーザ検出装置と同様に構成され、たとえば  $k$  段のユーザ検出装置は、アダプティブアレイ  $AA_{k1}$  と、検波器  $DE_{k1}$  と、パラメータ推定器  $PE_{k1}$  と、乗算器  $MP_k$  と、加算器  $AD_k$  とを含む。そして、最終段 ( $m-1$  段) のユーザ検出装置の加算器  $AD_{m-1}$  から、アダプティブアレイ  $AA_{m1}$  および検波器  $DE_{m1}$  を介してユーザ  $m$  のユーザ信号  $S_m(t)$  が出力される。

【0066】次に、図 6 に示した第 4 の実施形態の動作について説明する。図 1 および図 2 の第 1 の実施形態で

説明した第(1)式~第(5)式は、この第4の実施形態においても適用される。図6に示すユーザ $k$ の信号 $S_k(t)$ を抽出するアダプティブアレイ $AA_{ki}$ が良好に \*

$$Y_k(t) = a_k S_k(t) + a_{k+1} S_{k+2}(t) + \dots + a_m S_m(t) + N \quad \dots (17)$$

$$a_k \approx 1, a_i \approx 0, (i = k+1, k+2, \dots, m), |N_k(t)| < \dots (18)$$

ここで、 $k$ 段目のユーザ検出装置の検波器 $DE_{ki}$ の出力信号は $S_k(t)$ である。

【0068】一方、パラメータ推定器 $PE_{ki}$ は、検波されたユーザ $k$ のユーザ信号 $S_k(t)$ と入力信号ベクトル $X_k(t)$ とから、ユーザ $k$ のユーザ信号の受信信号係数ベクトル $H_k$ を出力する。そして、乗算器 $MP_k$ に ※

$$X_{k+1}(t) = X_k(t) - H_k S_k(t) \quad \dots (19)$$

この第(19)式に前述の第(3)式を代入すると、第(20)式が得られる。 ★

$$\begin{aligned} X_{k+1}(t) &= \{H_k S_k(t) + H_{k+1} S_{k+1}(t) + \dots + H_m S_m(t) + N(t)\} - H_k S_k(t) \\ &= H_{k+1} S_{k+1}(t) + \dots + H_m S_m(t) + N(t) \quad \dots (20) \end{aligned}$$

この第(15)式から理解されるように、入力ベクトル信号 $X_{k+1}(t)$ は、前段のユーザ検出装置の入力信号ベクトル $X_k(t)$ からユーザ信号 $S_k(t)$ の成分

(すなわち、 $k+1$ 段目のユーザ検出装置のアダプティブアレイ $AA_{(k+1)1}$ にとっては干渉信号成分)が除去されたベクトル信号になっている。よって、 $k+1$ 段目のユーザ検出装置のアダプティブアレイ $AA_{(k+1)1}$ の入力信号ベクトルとしては $X_k(t)$ よりも $X_{k+1}(t)$ を用いた方が当該アダプティブアレイがより良好に動作し、その結果、より正確なユーザ( $k+1$ )の信号 $S_{k+1}(t)$ を抽出することができる。

【0071】図7は、図6に示した第4の実施形態の変形例である第5の実施形態を示す図である。図6の実施形態では、アダプティブアレイ $AA_{11}, \dots, AA_{ki}, \dots, AA_{(m-1)1}$ の出力にそれぞれ検波器 $DE_{11}, \dots, DE_{ki}, \dots, DE_{(m-1)1}$ を接続していたのに対し、図7に示した変形例では、アダプティブアレイ $AA_{11}, \dots, AA_{ki}, \dots, AA_{(m-1)1}$ から出力されるユーザ信号 $Y_1(t), \dots, Y_k(t), \dots, Y_{m-1}(t)$ をそれぞれパラメータ推定器 $PE_{11}, \dots, PE_{ki}, \dots, PE_{(m-1)1}$ および乗算器 $MP_1, \dots, MP_k, \dots, MP_{m-1}$ にするように構成したものである。

【0072】そして、パラメータ推定器 $PE_{11}, \dots, PE_{ki}, \dots, PE_{m-1}$ は、ユーザ信号 $Y_1(t), \dots, Y_k(t), \dots, Y_{m-1}(t)$ と入力信号ベクトル $X_1(t), \dots, X_k(t), \dots, X_{m-1}(t)$ とから、1段目、 $\dots$ ,  $k$ 段目、 $\dots$ ,  $m-1$ 段目の受信信号係数ベクトル $H_1, \dots, H_k, \dots, H_{m-1}$ を出力する。

【0073】乗算器 $MP_1, \dots, MP_k, \dots, MP_{m-1}$ はそれぞれ、受信信号係数ベクトル $H_1, \dots, H_k,$

\* 動作すると、次式が得られる。

【0067】

※よりユーザ信号 $S_k(t)$ と受信信号係数ベクトル $H_k$ とを乗算し、その結果を加算器 $AD_k$ により入力信号ベクトル $X_k(t)$ から減算する。その結果を、次段のユーザ検出装置への入力信号ベクトル $X_{k+1}(t)$ とする。すなわち、次式が得られる。

【0069】

★【0070】

$\dots, H_{m-1}$ とユーザ信号 $Y_1(t), \dots, Y_k(t), \dots, Y_{m-1}(t)$ とを乗算し、加算器 $AD_1, \dots, AD_k, \dots, AD_{m-1}$ はそれぞれ、入力信号ベクトル $X_1(t), \dots, X_k(t), \dots, X_{m-1}(t)$ から、乗算結果である $H_1 Y_1(t), \dots, H_k Y_k(t), \dots, H_{m-1} Y_{m-1}(t)$ を減算する。それ以外の動作は、前述の図6の実施形態の動作と同じである。

【0074】図8は、図6に示した第4の実施形態の変形例である第6の実施形態を示す図である。この例では、乗算器 $MP_1, \dots, MP_k, \dots, MP_{m-1}$ の入力として、図6に示したユーザ信号 $S_1(t), \dots, S_k(t), \dots, S_{m-1}(t)$ に代えて、アダプティブアレイ $AA_{11}, \dots, AA_{ki}, \dots, AA_{(m-1)1}$ から出力されるユーザ信号 $Y_1(t), \dots, Y_k(t), \dots, Y_{m-1}(t)$ を入力するように構成したものであり、それ以外の構成は図6の実施形態の構成と同じである。

【0075】この例においても、 $k$ 段目のユーザ検出装置に使用される入力信号ベクトル $X_k(t)$ から、検出されたユーザ $k$ の信号 $Y_k(t)$ とパラメータ推定器から出力された受信信号係数ベクトル $H_k$ とを乗じた値を減算して得られた信号ベクトルを、 $k+1$ 段目のユーザ検出装置のアダプティブアレイ $AA_{(k+1)1}$ の入力信号ベクトル $X_{k+1}(t)$ とすることにより、より正確にユーザ $k+1$ の信号 $S_{k+1}(t)$ を抽出することができる。

【0076】図9は、上述の各実施形態において使用されるパラメータ推定器の動作を説明するための図である。アンテナ素子数が $n$ 本の受信システムで、 $m$ 人のユーザがパス多重接続している場合、並列に接続された $k$ 番目のパラメータ推定器 $PE_{ki}$ の入力信号ベクトル $X_k(t)$ は次の第(21)式で表わされる。

【0077】

$$X_k(t) = [x_{1k}(t), x_{2k}(t), \dots, x_{nk}(t)]^T \quad \dots (21)$$

$$x_{jk}(t) = h_{jk} S_k(t) + h_{j,k+1} S_{k+1}(t) + \dots + h_{jn} S_n(t) + n_j(t), \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad \dots (22)$$

上記の第(21)式および第(22)式をベクトル表記に直すと次式で表わされる。

【0078】

$$X_k(t) = H_k S_k(t) + H_{k+1} S_{k+1}(t) + \dots + H_n S_n(t) + n(t) \quad \dots (23)$$

$$H_i = [h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{ni}]^T, \quad (i=k, k+1, \dots, n) \quad \dots (24)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_n(t)]^T \quad \dots (25)$$

ここで、ユーザkに対応する入力信号ベクトル

$X_k(t)$  とユーザ信号  $S_k(t)$  とのアンサンブル平均

( $X_k(t)$  と  $S_k(t)$  とを乗算した時間平均) を計

算する。このとき、ユーザkのユーザ信号  $S_k(t)$  の

代わりに、k番目のアダプティブアレイ  $AA_{ki}$  の出力信

\*号  $Y_k(t)$  を用いても、 $Y_k(t) \approx S_k(t)$  が成

立するので、問題はない。アンサンブル平均は、以下の第(26)式のように計算される。

【0079】

$$E[X_k(t) S_k(t)] = [E[x_{1k}(t) S_k(t)], E[x_{2k}(t) S_k(t)], \dots, E[x_{nk}(t) S_k(t)]]^T \quad \dots (26)$$

さらに、要素ごとのアンサンブル平均を計算すると次のようになる。

※【0080】

$$E[x_{jk}(t) S_k(t)] = h_{jk} E[S_k(t) S_k(t)] + h_{j,k+1} E[S_{k+1}(t) S_k(t)] + \dots + h_{jn} E[S_n(t) S_k(t)] + E[n_j(t) S_k(t)], \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (27)$$

ここで、 $E[\cdot]$  は、 $[\cdot]$  のアンサンブル平均を意味している。ユーザ信号  $S_k(t)$  とそれ以外のユーザ信号  $S_i(t)$  ( $i=k+1, \dots, m$ ) との間には相関がなく、かつユーザ信号  $S_k(t)$  と雑音信号  $N_i(t)$  ★

★との間にも相関がないため、平均時間が十分長くなるとアンサンブル平均は次式で表される。

【0081】

$$E[S_k(t) S_k(t)] = 1 \quad \dots (28)$$

$$E[S_i(t) S_k(t)] = 0, \quad (i=k+1, k+2, \dots, m) \quad \dots (29)$$

$$E[n_j(t) S_k(t)] = 0, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (30)$$

$$\text{よって、} E[x_{jk}(t) S_k(t)] = h_{jk}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (31)$$

$$E[X_k(t) S_k(t)] = [h_{1k}, h_{2k}, \dots, h_{nk}]^T = H_k \quad \dots (32)$$

以上のように、ユーザkの信号  $S_k(t)$  の受信信号係数ベクトル  $H_k$  が計算できる。すなわち、パラメータ推定器  $PE_{ki}$  は、ユーザkの入力信号ベクトル  $X_k(t)$  と、検出されたユーザkの信号  $S_k(t)$  とのアンサンブル平均を計算することにより、ユーザkのユーザ信号の受信信号係数ベクトル  $H_k$  を計算することができる。

【0082】図10は、この発明の第7の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。図7に示す実施形態は、前述の図28に示した従来のアダプティブアレイ11、12の出力にそれぞれ干渉キャンセラ20、21を接続し、干渉キャンセラ20、21から出力されるユーザ信号を受信信号ベクトル計算機13にフィードバックさせるように構成したものである。それ以外の構成は前述の図28の構成と同じであるので、共通する部分の説明は繰返さない。

【0083】図10において、アダプティブアレイ1

1、12の各々で抽出された信号には、所望のユーザ信号と干渉ユーザ信号と雑音とが含まれており、所望のユーザ信号のパワーが最も大きくなっている。干渉キャンセラ20、21は各々、干渉ユーザ信号に含まれる既知の信号成分であるプリアンブルを用いて干渉ユーザ信号を推定し、対応するアダプティブアレイ11、12で抽出された信号に含まれる干渉ユーザ信号成分を取除く。それによって、所望の信号成分が、干渉成分をより抑圧した状態でDSP10から出力される。

【0084】図11は、図10に示した干渉キャンセラの構成を示すブロック図である。図11において、干渉キャンセラ20は、加算器201、202と、誤差計算機203と、最尤推定等化器204と、パラメータ推定器205と、乗算器206、207と、スイッチ208、209と、メモリ210とから構成されている。

【0085】干渉キャンセラ20のパス多重数を2と

し、ユーザ1の信号を $S_1(t)$ 、ユーザ2の信号を $S_2(t)$ とし、入力信号に含まれる雑音成分を $n(t)$ とし、入力信号に含まれるユーザ1の信号の係数を $A$ 、ユーザ2の信号の係数を $B$ とすると、入力信号 $x(t)$ は次式で表わされる。

【0086】

$$x(t) = AS_1(t) + BS_2(t) + n(t)$$

パラメータ推定器205は入力信号に基づいて係数 $A$ および $B$ の値を推定する。誤差計算機203は、この誤差計算機203に入力される信号 $Y(t)$ の絶対値を計算する。ここで、誤差計算機203に入力される信号 $Y(t)$ は次式で表わされる。

$$Y(t) = AS_1(t) - A'S_1'(t) + BS_2(t) - B'S_2'(t) + n(t)$$

最尤推定等化器204において指定した候補信号 $S_1'(t)$ および $S_2'(t)$ が、送信された信号 $S_1(t)$ および $S_2(t)$ に一致し、パラメータ推定器205が推定したパラメータ( $A'$ ,  $B'$ )が真の値( $A$ ,  $B$ )に一致すると、 $Y(t) = n(t)$ となり、誤差計算機203の入力信号は最小となる。

【0088】最尤推定等化器204は、最も誤差が小さくなる信号系列を選び出し、その信号を出力する。スイッチ208、209は、トレーニング期間とデータ期間とで入力信号を切替えて出力するものであり、トレーニング期間中は、メモリ210に記憶されているトレーニング信号を用いてパラメータ推定器205で推定する係数の推定精度を上げ、またデータ期間中は、最尤推定等化器204側に入力が切換えられ、これによりこの最尤推定等化器204が順番に指定する符号を使用して最も誤差が小さくなる信号系列が探索される。

【0089】図12は、この発明の第8の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムの構成を示すブロック図であり、図13は、図12に示した干渉キャンセラの概略ブロック図である。

【0090】図12において、この実施形態の受信システムでは、図10に示した実施形態の干渉キャンセラ20、21に代えて干渉キャンセラ22、23が設けられており、アダプティブアレイ11で抽出された信号が所望のユーザ信号として干渉キャンセラ22に与えられるとともに干渉ユーザ信号として干渉キャンセラ23に与えられ、かつアダプティブアレイ12で抽出された信号が所望のユーザ信号として干渉キャンセラ23に与えられるとともに干渉ユーザ信号として干渉キャンセラ22に与えられる。干渉キャンセラ22は、図13に示すよ

$$\begin{aligned} Y(t) &= x_1(t) - x_3(t) * E[x_1(t) x_3(t)] \\ &= AS_1(t) + BS_2(t) + n_1(t) - BS_2(t) \\ &= AS_1(t) + n_1(t) \end{aligned}$$

したがって、入力1の信号 $x_1(t)$ から干渉ユーザ成分 $x_2(t)$ が除去されることになる。

【0100】図14は、図12に示した干渉キャンセラ

\*うに、検波回路221と、相関値計算機222と、加算器223と、乗算器224とを含む。

【0091】ここで、図13に示した干渉キャンセラ22のパス多重ユーザ数を2とし、入力1の信号を $X_1(t)$ 、入力2の信号を $X_2(t)$ とし、検波回路221の出力信号を $X_3(t)$ とし、出力信号を $Y(t)$ とする。

【0092】また、図13におけるユーザ1の信号を $S_1(t)$ 、ユーザ2の信号を $S_2(t)$ とし、入力1の信号に含まれる雑音成分を $n_1(t)$ 、入力2の信号に含まれる雑音成分を $n_2(t)$ とし、入力1の信号に含まれるユーザ1の信号の係数を $A$ 、入力1の信号に含まれるユーザ2の信号の係数を $B$ 、入力2の信号に含まれるユーザ1の信号の係数を $C$ 、入力2の信号に含まれるユーザ2の信号の係数を $D$ とすると、2つの入力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ はそれぞれ次式で表わされる。

【0093】

$$x_1(t) = AS_1(t) + BS_2(t) + n_1(t)$$

$$x_2(t) = CS_1(t) + DS_2(t) + n_2(t)$$

2つの入力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ はそれぞれ、アダプティブアレイ11、12の出力信号であるので、以下の条件が成り立つ。

$$A \approx 1, D \approx 1$$

$$A \gg B, C \ll D$$

$$S_1(t), S_2(t) \gg n_1(t), n_2(t)$$

ここで、入力2の信号 $x_2(t)$ を検波すると、得られる信号 $x_3(t)$ は次式で表わされる。

$$x_3(t) = S_2(t)$$

この信号 $x_3(t)$ と入力1の信号 $x_1(t)$ との間のアンサンブル平均の値を以下に計算する。

$$\begin{aligned} E[x_1(t) x_3(t)] &= AE[S_1(t) S_2(t)] + BE[S_2(t) S_2(t)] + E[n_1(t) S_2(t)] \end{aligned}$$

ここで、以下の関係が成立する。

【0097】

$$E[S_1(t) S_2(t)] = 0$$

$$E[S_2(t) S_2(t)] = 1$$

$$E[n_1(t) S_2(t)] = 0$$

したがって、信号 $x_1(t)$ と $x_3(t)$ との間のアンサンブル平均の値は次のように表わされる。

$$E[x_1(t) x_3(t)] = B$$

したがって出力信号 $Y(t)$ は次式で表わされる。

【0099】

他の例を示すブロック図である。この図14に示した干渉キャンセラ22は、図11に示した干渉キャンセラに検波器211を設けるように構成したものである。前

述の図 11 に示した干渉キャンセラ 20 では、最尤推定等化器 204 が干渉ユーザ信号  $S_2(t)$  の候補信号  $S_2'(t)$  を指定するように構成したが、この図 14 に示した干渉キャンセラ 22 では、検波器 211 の検波出力を干渉ユーザ信号  $S_2(t)$  として、スイッチ 209 を介して乗算器 207 に与えるものであり、それ以外の構成および動作は前述の図 11 の実施形態と同じである。

【0101】図 15 は、この発明の第 9 の実施形態による PDMA 用基地局の受信システムを示すブロック図である。この実施形態は、図 10 に示したアダプティブアレイ 11、12 に代えてアダプティブアレイ 17、18 を設け、これらのアダプティブアレイ 17、18 にそれぞれ干渉キャンセラ 20、21 よりトレーニング信号をフィードバックするように構成したものであり、それ以外の構成は図 10 の実施形態と同じである。

【0102】ここで、干渉キャンセラからアダプティブアレイへのトレーニング信号のフィードバックの回数、すなわちアダプティブアレイ 17、18 と干渉キャンセラ 20、21 とを動作させる回数は、予め決めておくか、あるいは所定の通信品質が得られるまで必要な回数だけ行なわれる。

【0103】図 16 は、この発明の第 10 の実施形態による PDMA 用基地局の受信システムを示すブロック図であり、図 15 に示した干渉キャンセラ 20、21 を図 12 に示した干渉キャンセラ 22、23 で置換えて構成したものである。この実施形態においても、干渉キャンセラ 22 は、アダプティブアレイ 17、18 で抽出された信号に基づいて、アダプティブアレイ 17 で抽出された信号に含まれる干渉ユーザ信号成分を除去し、所望のユーザ 1 の信号成分を、干渉成分がより抑えられた状態で抽出することができる。他方の干渉キャンセラ 23 も同様にして、所望のユーザ 2 の信号成分を干渉成分がより抑えられた状態で抽出することができる。

【0104】図 17 および図 18 は、上述の各実施形態におけるアダプティブアレイ 17、18 の一例を示すブロック図である。特に、図 17 は、1 回目のループでのアダプティブアレイにおける信号処理形態を示すブロック図であり、図 18 は、2 回目以降のループでのアダプティブアレイにおける信号処理形態を示すブロック図である。

【0105】図 17 および図 18 において、各アダプティブアレイには入力ポート 181～184 が設けられており、それぞれの入力ポートには A/D 変換器 8 で A/D 変換された 4 本のアンテナ 3～6 からの入力信号が入力される。これらの入力信号は、ウェイトベクトル計算機 176 と乗算器 171～174 とに与えられる。

【0106】ウェイトベクトル計算機 176 は、入力ポート 181～184 からの入力信号と、メモリ 177 に予め記憶されている特定のユーザの信号に対応したトレ

ーニング信号または加算器 175 の出力 (図 17) または干渉キャンセラ 22 の出力 (図 18) とを用いて、ウェイトベクトル  $w_1 \sim w_4$  を計算する。

【0107】乗算器 171～174 は、入力ポート 181～184 の入力信号とウェイトベクトル  $w_1 \sim w_4$  とをそれぞれ乗算して加算器 175 へ出力する。加算器 175 は、乗算器 171～174 のそれぞれの出力信号を加算してその結果をウェイトベクトル計算機 176 に与えるとともに、図 17 の例では出力ポートへ、図 18 の例では干渉キャンセラ 22 を介して出力ポートへ出力する。

【0108】図 19 は、図 17 および図 18 に示したアダプティブアレイの動作を説明するためのフローチャートである。

【0109】次に、図 17～図 19 を参照して、アダプティブアレイ (たとえば 17) の動作について説明する。まず、図 19 に示すように、ループ  $i$  が 1 にセットされ、図 17 に示すアダプティブアレイ 17 の乗算器 171～174 は、入力ポートの信号にウェイトベクトル  $w_1 \sim w_4$  を乗算して加算器 175 に出力する。ウェイトベクトル計算機 176 は、加算器 175 の出力信号をトレーニング信号として使用するとともに、この出力信号を干渉キャンセラ 22 に与える。干渉キャンセラ 22 は、与えられた信号から干渉ユーザ信号をキャンセルする。

【0110】そして、ループ  $i$  がある基準値  $M$  よりも大きくなったか否かが判別され、大きくなっていない場合はループ回数を +1 だけインクリメントする。そしてループ回数  $i$  が 1 でないことが判別されると、今度は図 18 に示す形態で、アダプティブアレイ 17 はウェイトベクトル  $w_1 \sim w_4$  を演算し、その後干渉キャンセラ 22 の出力信号をトレーニング信号として使用する。そして、干渉キャンセラ 22 が信号処理を行ない、この動作はループ回数  $i$  がある基準値  $M$  に到達するまで繰返し行なわれる。

【0111】以上のように、この発明の各実施形態によれば、信号抽出手段としてのアダプティブアレイによって抽出された所望のユーザ信号に含まれる干渉ユーザ成分を干渉除去手段で取除いているので、干渉成分がより抑制された所望のユーザ信号成分を抽出することができる。

【0112】ところで、図 1～図 19 に示された実施形態は、PDMA 用基地局の受信システムに関するものである。近年、この PDMA 通信方式に加えて、CDMA 通信方式が提案されており、既に実用化されている。

【0113】この CDMA 通信方式では、送信側で、送信されるデジタルデータのシンボルに所定の拡散符号を乗算してはるかに高い周波数の信号として送信し、受信側では上記拡散符号を用いて受信信号を逆拡散することによりデータの復調を行なっている。

【0114】ここで、拡散符号として互いに相関のない異なるものを複数種類用いれば、同一周波数の複数のデータ信号が拡散されて送信されている場合であっても、送信時に対応する拡散符号で逆拡散を行なうことにより、所望のユーザの信号のみを確実に分離抽出することができる。したがって、このCDMA通信方式を用いることにより、さらなる通信容量の増大を図ることが可能となる。このようなCDMA通信方式は既に実用化され、当該技術分野において周知であるので、詳細な説明を省略する。

【0115】以下に説明する各実施形態は、この発明による無線受信システムを、CDMA通信方式に適用したものである。

【0116】図20は、この発明の第11の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムを示すブロック図であり、図21は、図20に示した演算装置の具体的なブロック図である。

【0117】図20および図21に示す第11の実施形態のCDMA受信システムは、以下の点を除いて、図1および図2に示した第1の実施形態のPDMA受信システムと同じである。すなわち、それぞれのユーザごとに、対応するアダプティブアレイおよびパラメータ推定器の前段に、CDMA通信方式で送信されアンテナ3～6で受信された信号を逆拡散するための逆拡散器 $I S_1, \dots, I S_k, \dots, I S_n$ が設けられている。それぞれの逆拡散器でユーザごとに逆拡散された受信信号は、前述のPDMA信号と同様に対応するアダプティブアレイおよびパラメータ推定器に与えられ、前述の第1の実施形態と同じ動作により、それぞれのユーザ信号が抽出されて演算装置100に与えられる。

【0118】図21に示す演算装置100は、乗算器 $M P_1, \dots, M P_{k-1}, M P_{k+1}, \dots, M P_n$ の出力をそれぞれ拡散する拡散器 $S_1, \dots, S_{k-1}, S_{k+1}, \dots, S_n$ が設けられている点を除いて、図2に示した演算装置100と同じである。すなわち、CDMA通信方式により拡散されたままの入力信号ベクトル $X_i(t)$ からの減算を行なうために、各乗算器の出力が再度、対応する拡散符号により拡散される。

【0119】そして各加算器の出力、すなわち演算装置100の出力は、図20に示すように、対応する逆拡散器 $I S_1, \dots, I S_k, \dots, I S_n$ により再度逆拡散されて、対応するアダプティブアレイ $A A_{11}, \dots, A A_{12}, \dots, A A_{n1}, \dots, A A_{n2}$ に与えられる。他の動作は図1および図2に示した第1の実施形態と同じである。

【0120】次に、図22は、この発明の第12の実施形態によるCDMA基地局用の受信システムを示すブロック図である。この図22に示した実施形態は、図20に示した、逆拡散器とユーザ検出装置とからなる組合せを直列に複数段設けることにより、それぞれの段から出力されるユーザ信号に含まれる他のユーザ信号成分の割

合を段階的に減少させて、特性をさらに良好にするものである。各段のユーザ検出装置の動作については図1、図2、図20および図21を参照して詳細に説明したとおりである。

【0121】次に、図23は、この発明の第13の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。この図23に示す第13の実施形態は、以下の点を除いて、図4に示した第3の実施形態と同じである。すなわち、それぞれのユーザごとに、CDMA通信方式で送信されアンテナ3～6で受信された入力信号ベクトル $X_1(t), \dots, X_k(t), \dots, X_n(t)$ は、演算装置201に与えられるとともに、対応するアダプティブアレイ $A A_{11}, \dots, A A_{k1}, \dots, A A_{n1}$ に与えられる。以後の動作は、図4および図5に示した第3の実施形態と同じであるので、その説明は省略する。

【0122】次に、図24は、この発明の第14の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。図24に示す第14の実施形態は、以下の点を除いて、図6に示した第4の実施形態と同じである。すなわち、各段のユーザ検出装置ごとに、対応するアダプティブアレイおよびパラメータ推定器の前段に、CDMA通信方式で送信された入力信号ベクトルを逆拡散するための逆拡散器 $I S_1, \dots, I S_k, \dots, I S_n$ が設けられている。それぞれの逆拡散器でユーザごとに逆拡散された入力信号ベクトルは、前述のPDMA信号と同様に対応するアダプティブアレイおよびパラメータ推定器に与えられ、前述の第4の実施形態と同じ動作により、それぞれのユーザ信号が抽出される。なお、各ユーザ検出装置における乗算器の出力は、CDMA方式により拡散されたままの対応する入力信号ベクトルからの減算を行なうために、拡散器 $S_1, \dots, S_k, \dots, S_n$ により再度拡散される。その他の動作は、図6に示した第4の実施形態と同じであるので、ここでは繰返さない。

【0123】図25は、この発明の第15の実施形態のCDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。図25に示す第15の実施形態は、以下の点を除いて、図10に示すこの発明の第7の実施形態と同じである。すなわち、それぞれのユーザごとに、アダプティブアレイの前段に、CDMA通信方式で送信されアンテナ3～6で受信された入力信号ベクトルを逆拡散するための逆拡散器24、25が設けられている。それぞれの逆拡散器でユーザごとに逆拡散された受信信号は前述のPDMA信号と同様に対応するアダプティブアレイ11、12に与えられ、第7の実施形態と同じ動作により、それぞれのユーザ信号が抽出される。

【0124】図26は、この発明の第16の実施形態に

よるCDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。図26に示す第16の実施形態は、以下の点を除いて、図12に示すこの発明の第8の実施形態と同じである。すなわち、それぞれのユーザごとに、対応するアダプティブアレイ11、12の前段に、CDMA通信方式で送信され、アンテナ3～6で受信された信号を逆拡散するための逆拡散器24、25が設けられている。それぞれの逆拡散器でユーザごとに逆拡散された受信信号は前述のPDMA信号と同様に対応するアダプティブアレイ11、12に与えられ、前述の第8の実施形態と同じ動作により、それぞれのユーザ信号が抽出される。

#### 【0125】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、信号抽出手段で抽出された所望のユーザに対応する信号に含まれる干渉ユーザ信号成分を干渉除去手段で取除くことにより、所望のユーザ信号成分を、干渉成分がより抑制された状態で抽出することができ、移動通信システムなどの無線通信システムにおける通信品質の向上を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図2】図1に示した演算装置の構成を示すブロック図である。

【図3】この発明の第2の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図4】この発明の第3の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図5】図4に示した演算装置の構成を示すブロック図である。

【図6】この発明の第4の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図7】この発明の第5の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図8】この発明の第6の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図9】この発明で用いられるパラメータ推定器の動作を説明するための図である。

【図10】この発明の第7の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図11】図10に示した干渉キャンセラの構成を示すブロック図である。

【図12】この発明の第8の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図13】図12に示した干渉キャンセラの概略ブロック図である。

【図14】図12に示した干渉キャンセラの他の例を示すブロック図である。

【図15】この発明の第9の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図16】この発明の第10の実施形態によるPDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図17】アダプティブアレイの一例における1回目のループでの処理形態を示すブロック図である。

【図18】アダプティブアレイの一例における2回目以降のループでの処理形態を示すブロック図である。

【図19】図17および図18に示したアダプティブアレイの動作を説明するためのフロー図である。

【図20】この発明の第11の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図21】図20に示した演算装置の構成を示すブロック図である。

【図22】この発明の第12の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図23】この発明の第13の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図24】この発明の第14の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図25】この発明の第15の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図26】この発明の第16の実施形態によるCDMA用基地局の受信システムのブロック図である。

【図27】FDMA、TDMAおよびPDMAの各通信方式におけるユーザ信号のチャネル配置図である。

【図28】従来のPDMA用基地局の受信システムを示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

1, 2 ユーザ

3～6 アンテナ

7 周波数変換回路

8 A/D変換器

10 DSP

11, 12, 17, 18, AA アダプティブアレイ

13 受信信号ベクトル計算機

14, 177, 210 メモリ

15, 222 相関計算機

16 チャネル割当装置

20～23 干渉キャンセラ

24, 25 逆拡散器

100, 101, 102, 201, 202, 20L 演算装置

176 ウェイトベクトル計算機

181～184 入力ポート

DE 検波器

PE パラメータ推定器

MP 乗算器

AD 加算器

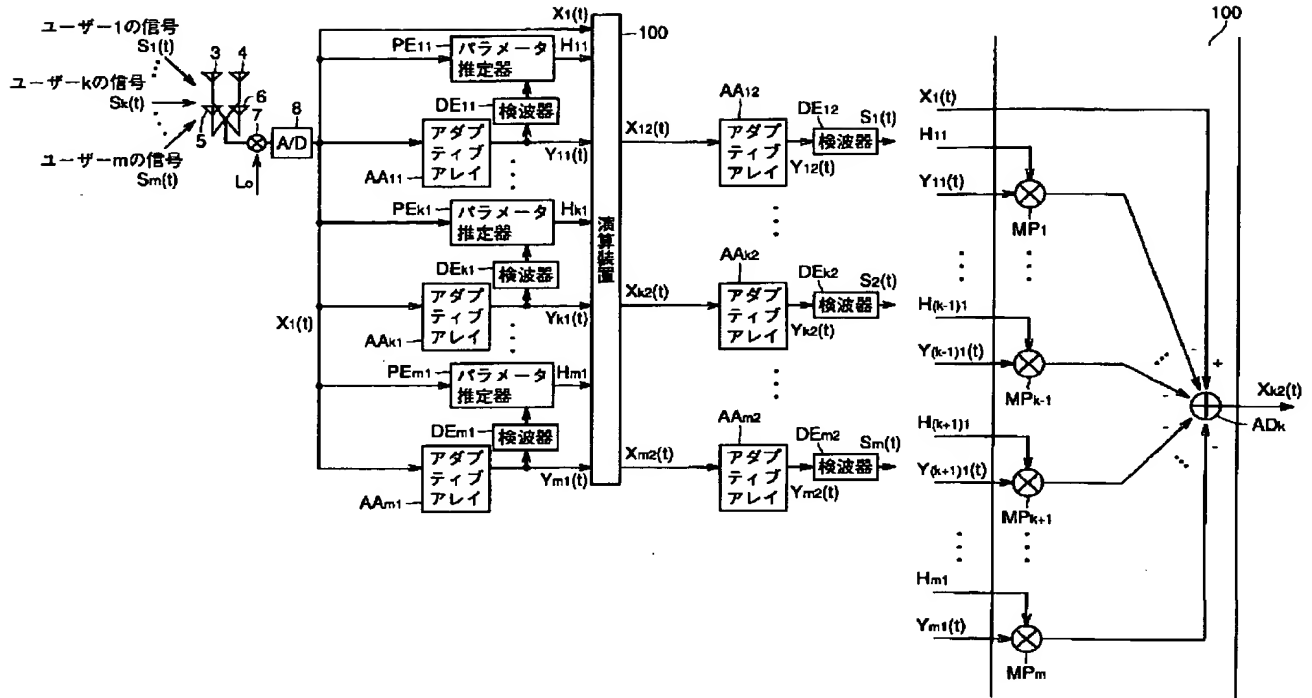
S 拡散器

IS 逆拡散器

203 誤差計算機

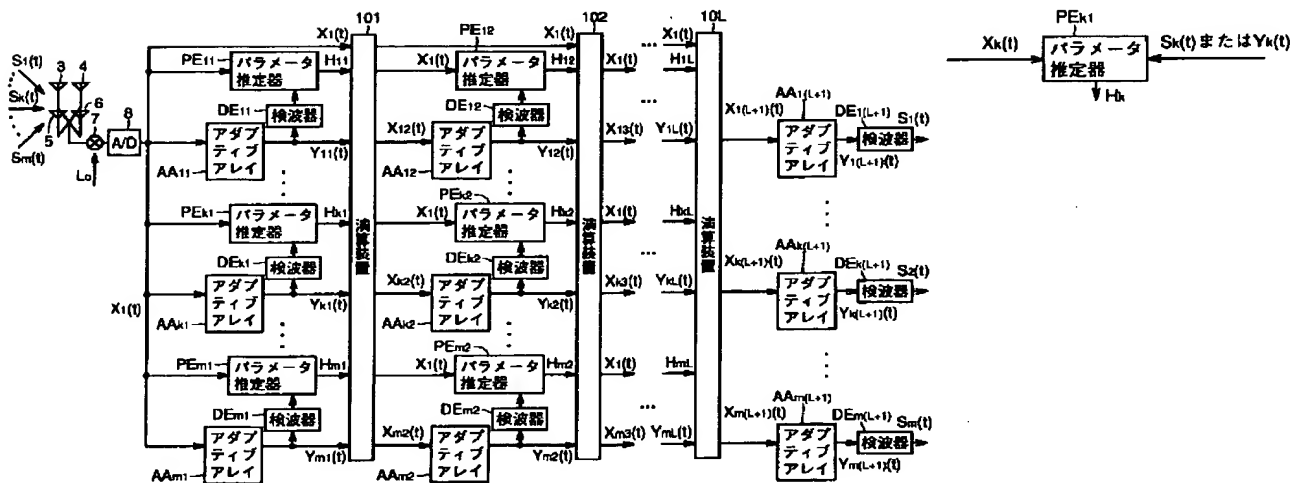
【図 1】

【図 2】



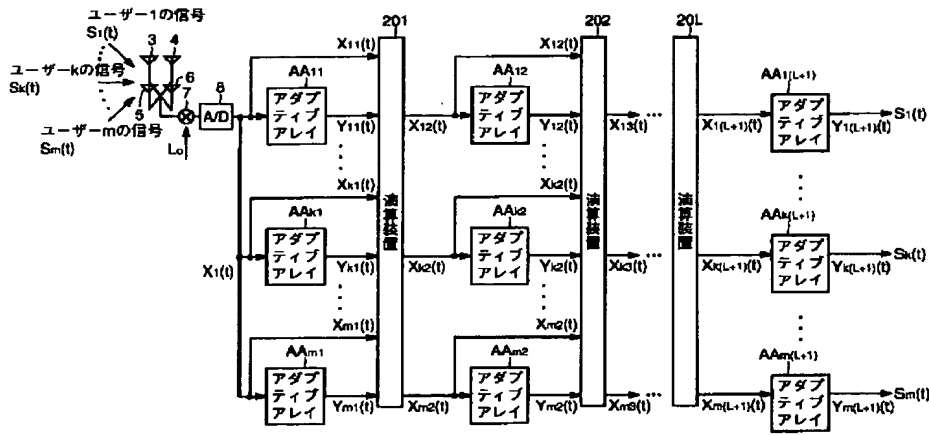
【図 3】

【図 9】

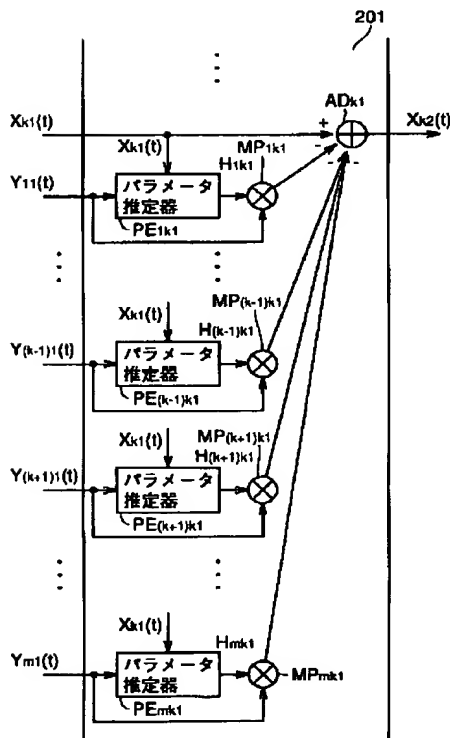




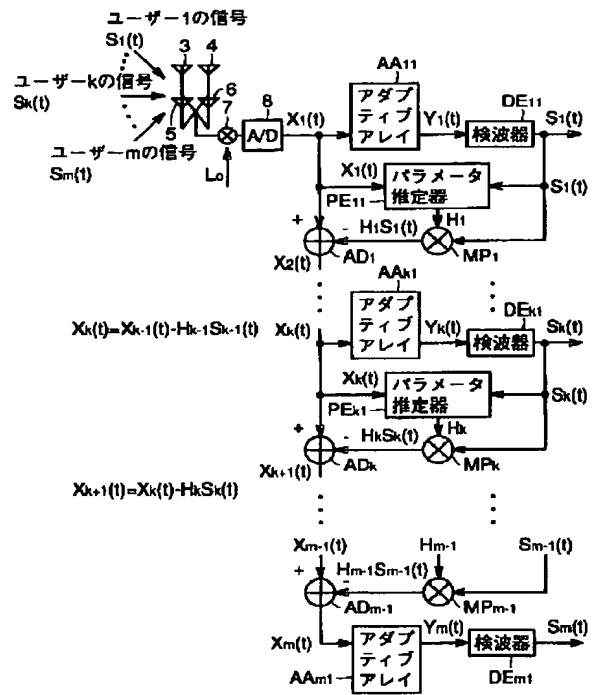
【図 4】



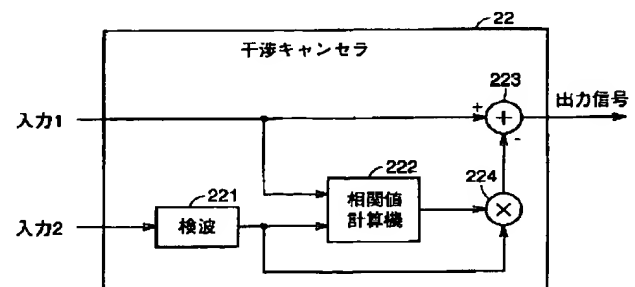
【図 5】



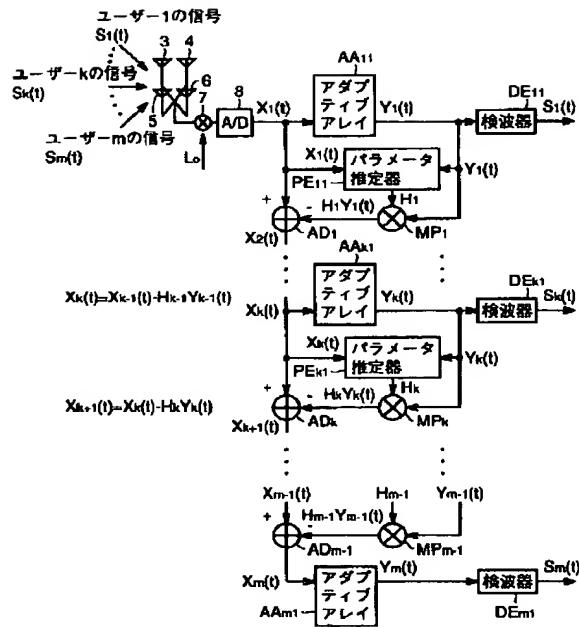
【図 6】



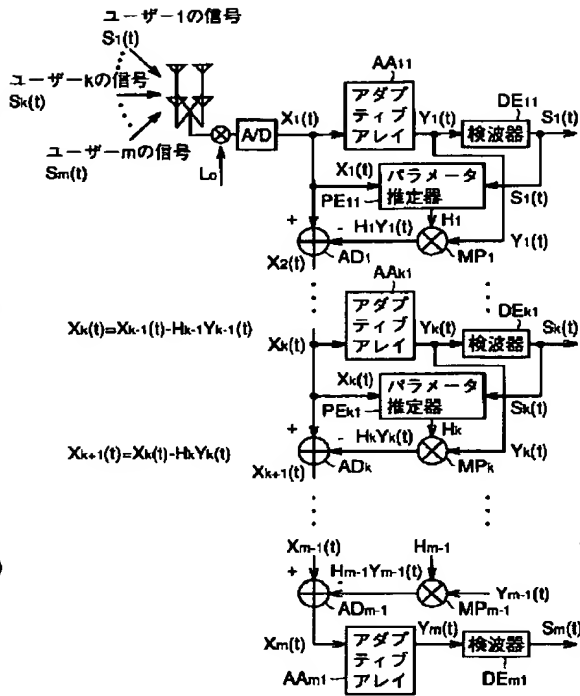
【図 1 3】



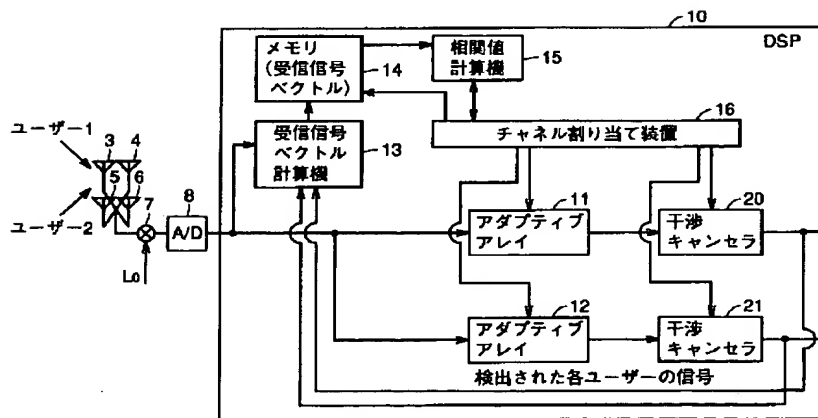
【図 7】



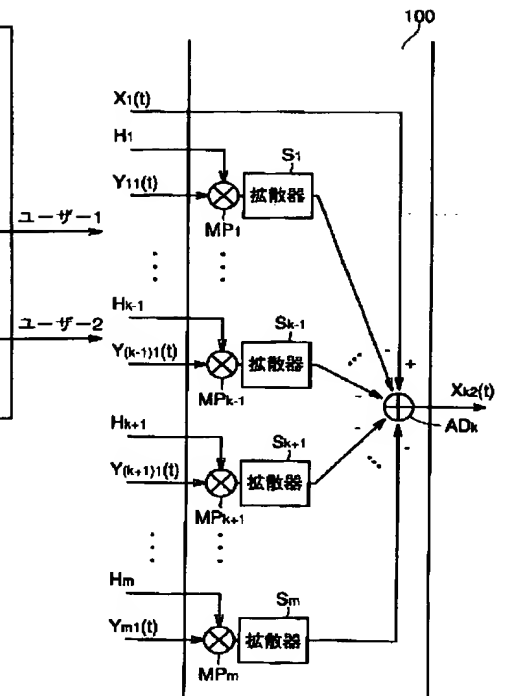
【図 8】



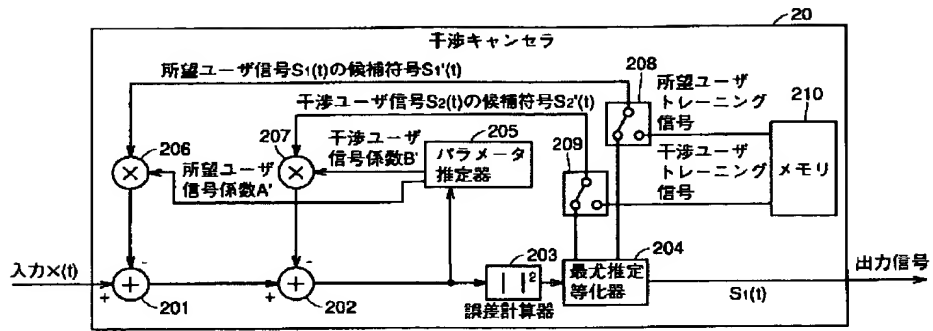
【図 10】



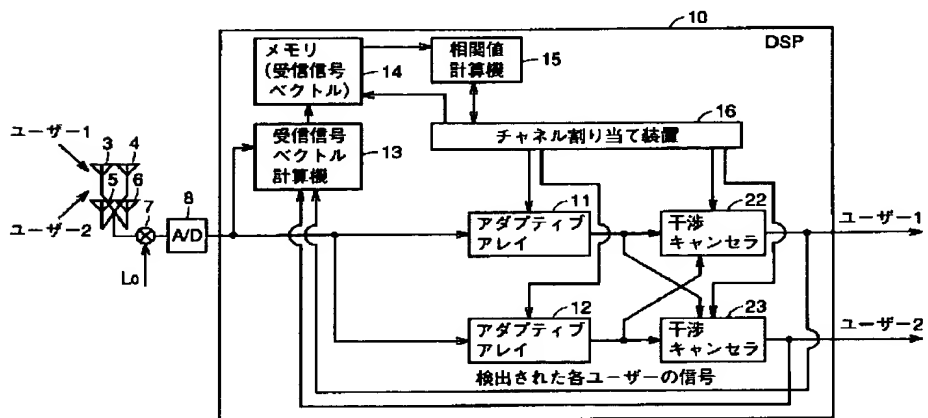
【図 21】



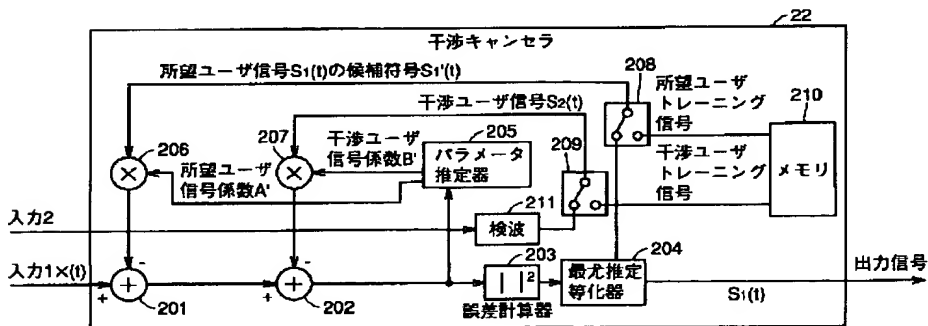
【図 1 1】



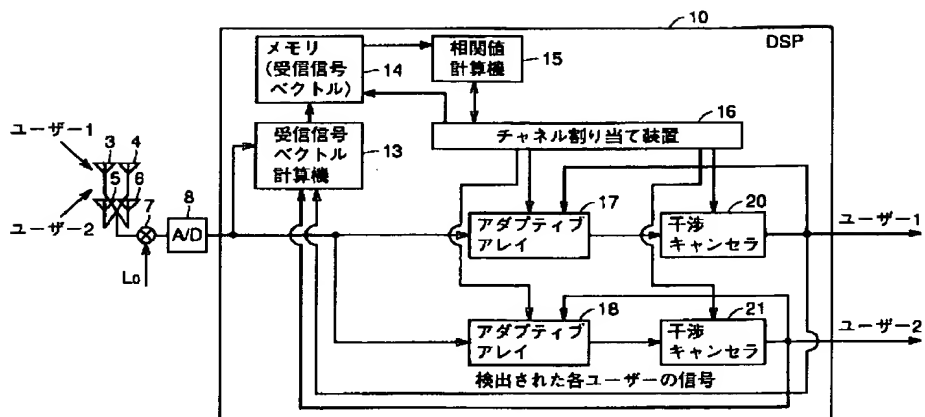
【図 1 2】



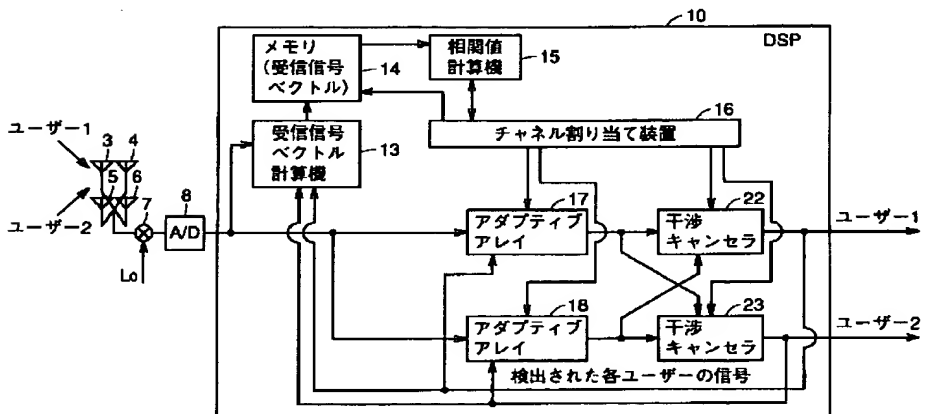
【図 1 4】



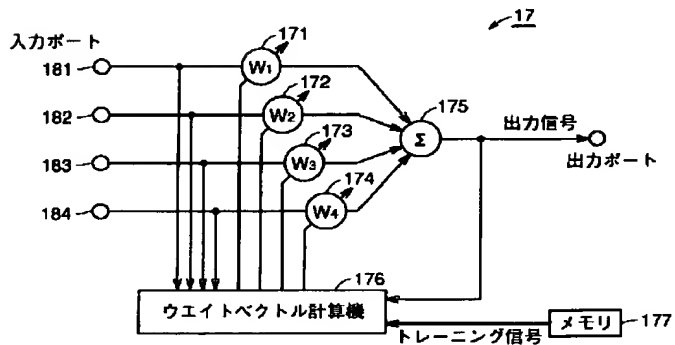
【図 1 5】



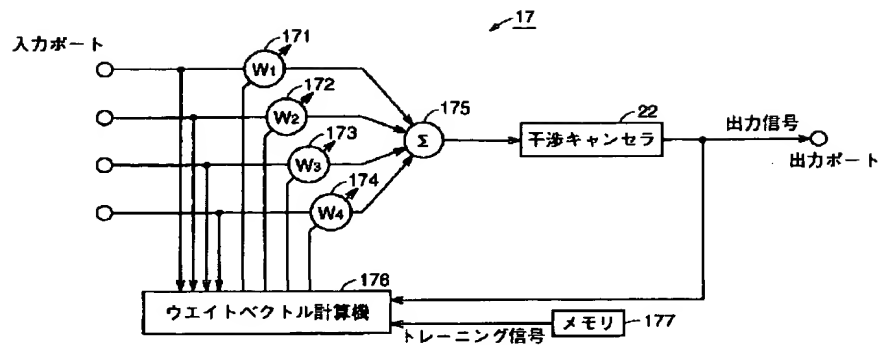
【図 1 6】



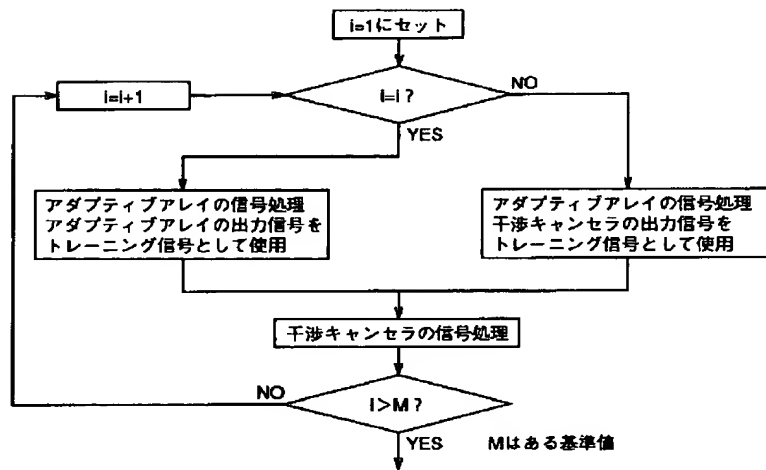
【図 1 7】



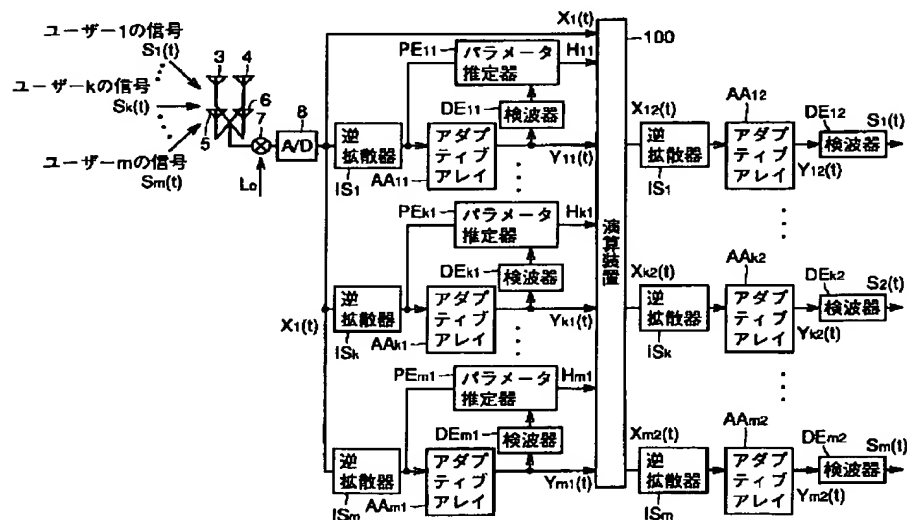
【図 1 8】



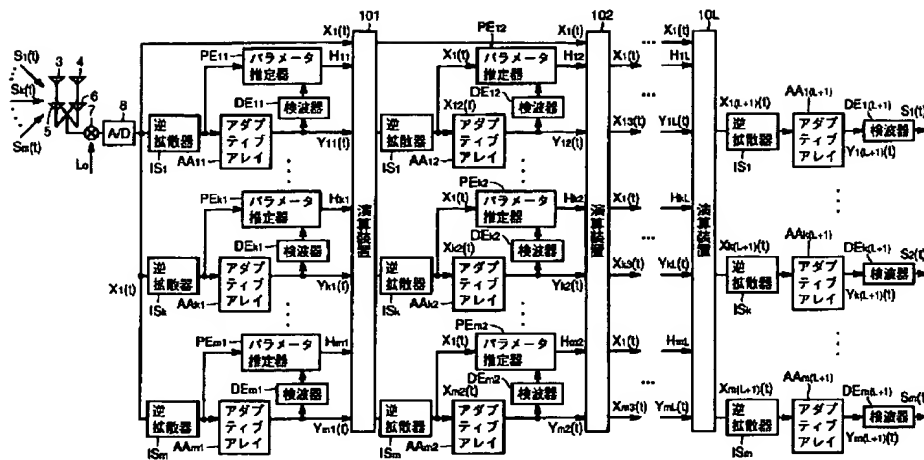
【図 1 9】



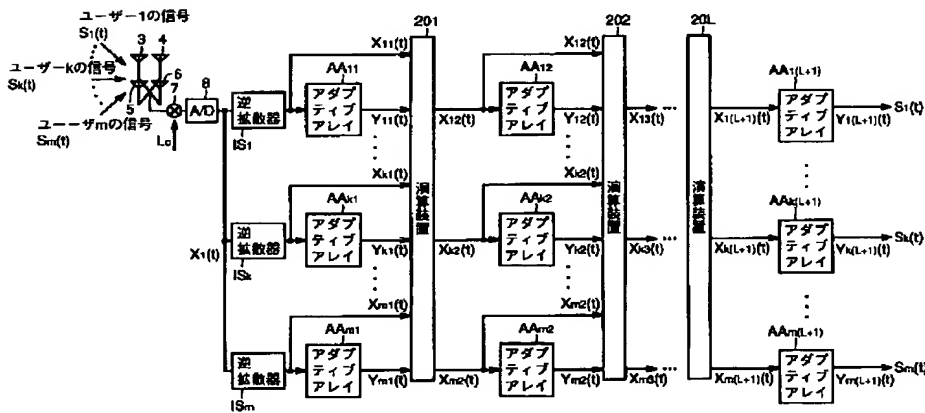
【図 2 0】



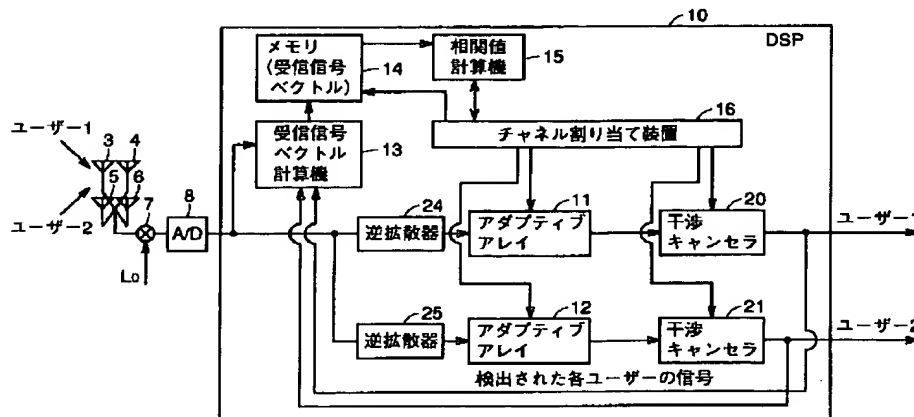
【図 2 2】



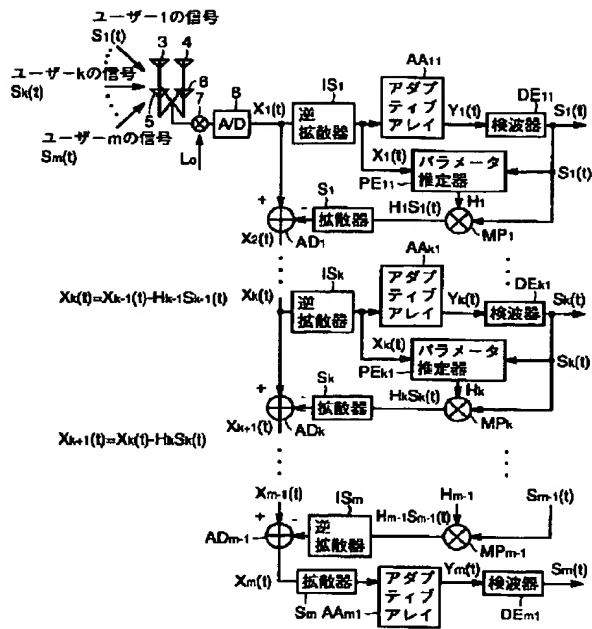
【図 2 3】



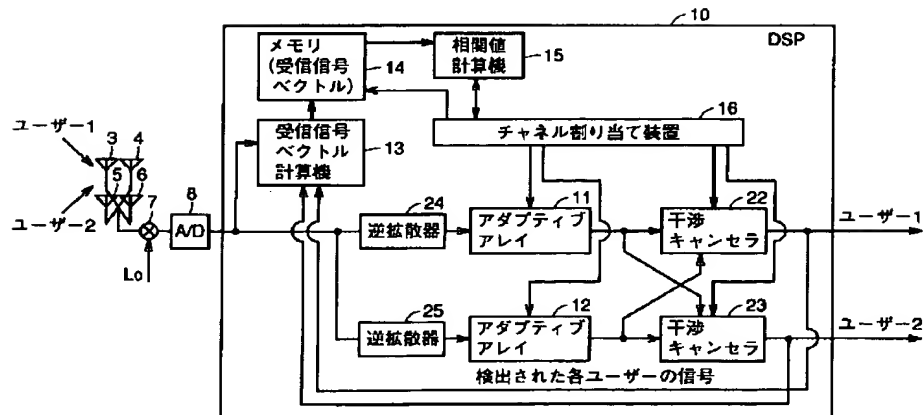
【図 2 5】



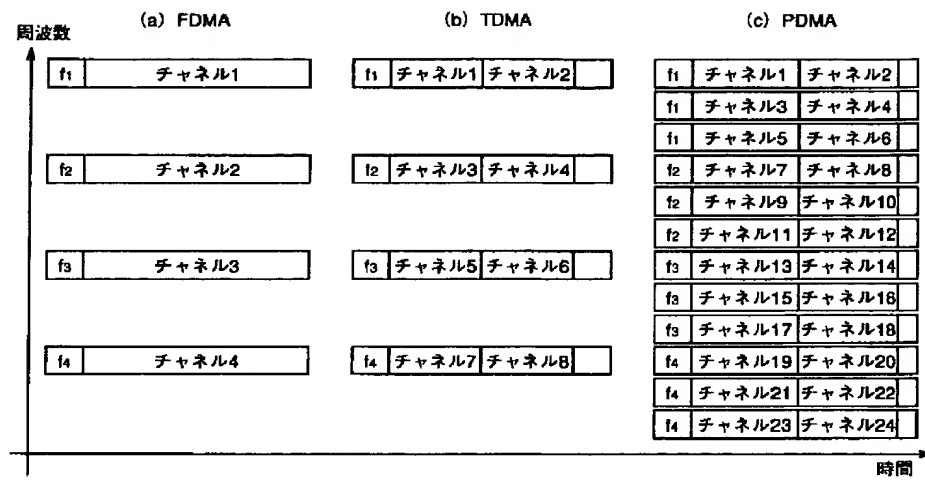
【図 2 4】



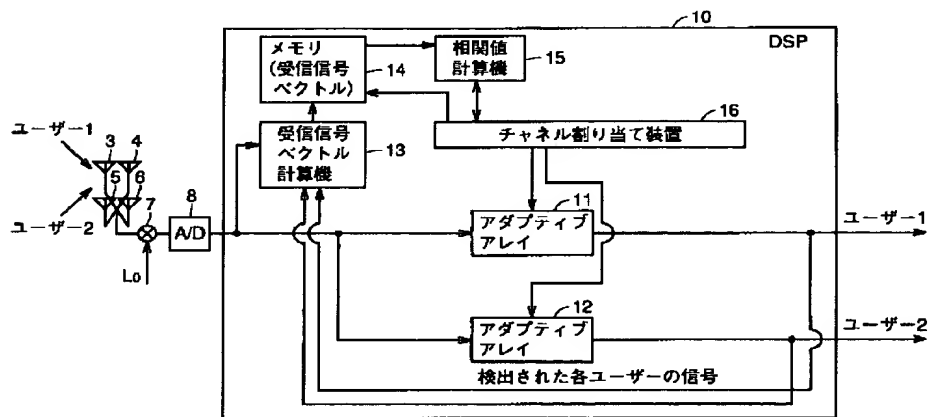
【図 2 6】



【図27】



【図28】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**